

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-006909

(43)Date of publication of application : 10.01.2003

(51)Int.Cl.

G11B 7/135
G02B 5/30
G02B 13/00
G02B 13/18
G02F 1/13
G11B 7/09

(21)Application number : 2001-185559

(71)Applicant : HITACHI LTD
PENTAX CORP

(22)Date of filing : 19.06.2001

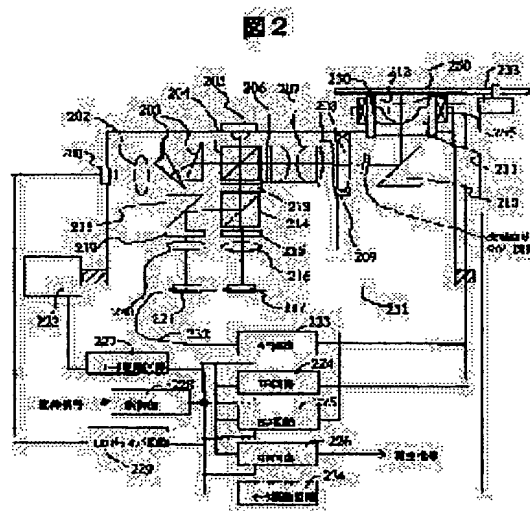
(72)Inventor : SHIMANO TAKESHI
ARIYOSHI TETSUO
SHIGEMATSU KAZUO
MARUYAMA KOICHI
TAKEUCHI SHUICHI

(54) OBJECTIVE LENS OPTICAL SYSTEM, OPTICAL HEAD AND OPTICAL INFORMATION REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce astigmatism generating by the shifting of the axis of coma aberration from the one to compensate to the one to be compensated with a tracking operation, in the compensation of coma aberration of an aberration compensating optical system, for the purpose of realizing one objective lens that shows a wide working distance, easy adjustment and a high NA.

SOLUTION: An objective lens 212 and the coma aberration compensating element 211 are integrated, fixed in a lens-barrel 230 and driven by a two-dimensional lens actuator 255. As a result, no eccentricity is caused between the objective lens 212 and the coma aberration compensating element 211, with no astigmatism generated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-6909

(P2003-6909A)

(43)公開日 平成15年1月10日(2003.1.10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	A 2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/30		G 0 2 B 5/30	2 H 0 8 7
13/00		13/00	2 H 0 8 8
13/18		13/18	5 D 1 1 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 5 D 1 1 9
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-185559(P2001-185559)

(22)出願日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000000527

ペンタックス株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72)発明者 島野 健

東京都国分寺市東窓ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

最終頁に続く

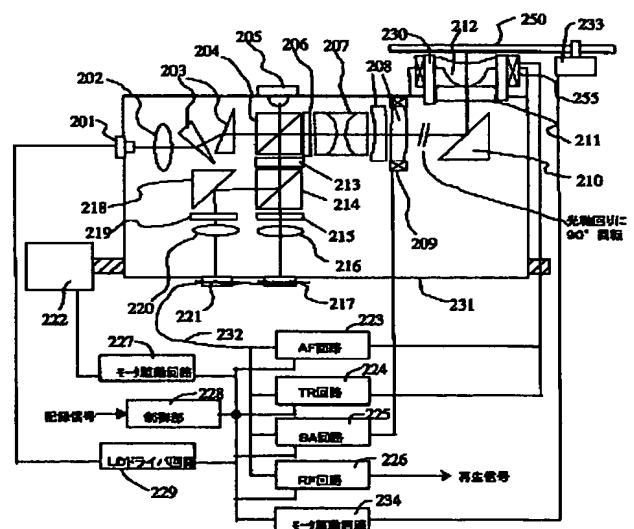
(54)【発明の名称】 対物レンズ光学系、光ヘッド及び光情報再生装置

(57)【要約】

【課題】 NAが大きいレンズを1枚のレンズで実現しようとする、レンズの両面間の調整精度が非常に厳しくなる。このため通常NA0.8以上の対物レンズは2枚レンズで実現されていたが、ワーキングディスタンスが小さくなり、対物レンズとディスクの衝突が発生しやすくなる。そこで高NAレンズを1枚レンズで実現する上で両面の偏心で発生するコマ収差を補償する素子を付加する。しかしこの場合にはトラッキング動作にともなって対物レンズがコマ収差補償素子と相対的に偏心すると、非点収差が発生してしまう。

【解決手段】 対物レンズ212とコマ収差補償素子211を一体にして鏡筒230に固定し、2次元レンズアクチュエータ255にて駆動する。このようにすることで、対物レンズ212とコマ収差補償素子211との偏心が発生せず、非点収差が発生しない。

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コマ収差補償素子と、光束を集光するための開口数が 0.8 以上の 1 枚の対物レンズとが、筐体を介して一体として、相互の相対位置を固定されていることを特徴とする対物レンズ光学系。

【請求項 2】 光源と、コマ収差補償素子と、開口数が 0.8 以上の 1 枚の対物レンズとが、筐体を介して一体として、相互の相対位置を固定されている、前記光源からの光を媒体に集光する、集光光学系と、

前記集光光学系による前記媒体への集光スポットの位置を可変とするアクチュエータと、前記媒体からの反射光を前記光源から前記媒体までの光路から分岐させる光分岐素子と、前記光分岐素子により分岐された前記反射光を光検出器に導く検出光学系と、

反射光強度を電気信号として検出する光検出器とを有することを特徴とする光ヘッド。

【請求項 3】 前記集光光学系は、更に球面収差補償素子を有することを特徴とする請求項 2 記載の光ヘッド。

【請求項 4】 前記検出光学系に球面収差検出手段を有することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の光ヘッド。

【請求項 5】 前記コマ収差補償素子は、中心曲率がほぼ 0 の回転対称 4 次曲面で両面が形成されたことを特徴とする請求項 2～4 のいずれか 1 項記載の光ヘッド。

【請求項 6】 前記コマ収差補償素子は、液晶位相補償素子であることを特徴とする請求項 2～4 のいずれか 1 項記載の光ヘッド。

【請求項 7】 光源と、コマ収差補償素子と、開口数が 0.8 以上の 1 枚の対物レンズとが、筐体を介して一体として、相互の相対位置を固定されている、前記光源からの光を媒体に集光する、集光光学系と、

前記集光光学系による前記媒体への集光スポットの位置を可変とするアクチュエータと、前記媒体からの反射光を前記光源から前記媒体までの光路から分岐させる光分岐素子と、前記光分岐素子により分岐された前記反射光を光検出器に導く検出光学系と、

反射光強度を電気信号として検出する光検出器と、前記光検出器からの出力信号から前記集光スポットの位置制御信号を検出する検出回路と、前記制御信号によって前記アクチュエータを駆動する手段とを有することを特徴とする光情報再生装置。

【請求項 8】 光源と、コマ収差補償素子と、開口数が 0.8 以上の 1 枚の対物レンズとを有し、前記光源からの光を媒体に集光する集光光学系と、前記集光光学系によって形成される前記媒体上の光スポットを可動させる、前記対物レンズが搭載され、前記コ

マ収差補償素子とは独立に駆動される第 1 のアクチュエータと、

前記媒体からの反射光を、前記光源から光情報記録媒体までの光路から分岐させる光分岐素子と、

前記光分岐素子により分岐された前記反射光を光検出器に導く検出光学系と、

反射光強度を電気信号として検出する光検出器と、

前記集光光学系と前記第 1 のアクチュエータを搭載し、

前記媒体に対して可動させる第 2 のアクチュエータと、

10 前記光検出器からの出力信号からトラッキング誤差信号を検出する回路とを有することを特徴とする光情報再生装置。

【請求項 9】 前記第 1 のアクチュエータは、トラッキング信号の高域成分により駆動され、前記第 2 のアクチュエータは、トラッキング信号の低域成分により駆動されることを特徴とする請求項 8 記載の光情報処理装置。

【請求項 10】 前記集光光学系に、更に球面収差補償素子を有することを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の光情報再生装置。

20 【請求項 11】 前記検出光学系に、更に球面収差検出手段を有することを特徴とする請求項 8～10 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

【請求項 12】 前記コマ収差補償素子は、中心曲率がほぼ 0 の回転対称 4 次曲面で両面が形成されたことを特徴とする請求項 8～11 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

【請求項 13】 前記コマ収差補償素子は、液晶位相補償素子であることを特徴とする請求項 8～11 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

30 【請求項 14】 光源と、コマ収差補償素子と開口数が 0.8 以上の 1 枚の対物レンズとが筐体を介して一体として相互の相対位置を固定されている、前記光源からの光を媒体に集光する集光光学系と、前記集光光学系による前記媒体への集光スポットの位置を可変とする前記対物レンズが搭載された前記コマ収差補償素子とは独立に駆動される第 1 のアクチュエータと、前記媒体からの反射光を前記光源から前記媒体までの光路から分岐させる光分岐素子と、前記光分岐素子により分岐された前記反射光を光検出器に導く検出光学系と、反射光強度を電気

40 信号として検出する光検出器とが筐体に収容された光ヘッドと、前記光ヘッドを搭載して前記媒体に対して可動させる第 2 のアクチュエータと、

前記光検出器からの出力信号からトラッキング誤差信号を検出する回路とを有することを特徴とする光情報再生装置。

【請求項 15】 前記第 1 のアクチュエータは、トラッキング信号の高域成分により駆動され、前記第 2 のアクチュエータは、トラッキング信号の低域成分により駆動されることを特徴とする請求項 14 記載の光情報処理装

置。

【請求項 16】 前記集光光学系に、更に球面収差補償素子を有することを特徴とする請求項 14 又は 15 記載の光情報再生装置。

【請求項 17】 前記検出光学系に、更に球面収差検出手段を有することを特徴とする請求項 14～16 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

【請求項 18】 前記コマ収差補償素子は、中心曲率がほぼ 0 の回転対称 4 次曲面で両面が形成されたことを特徴とする請求項 14～17 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

【請求項 19】 前記コマ収差補償素子は、液晶位相補償素子であることを特徴とする請求項 14～18 のいずれか 1 項記載の光情報再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、次世代高密度光ディスク再生のための光情報再生装置、並びにそれに組み込まれる光ヘッド及び対物レンズ光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光ディスクは高密度化の一途をたどり、DVD（デジタルバーサタイルディスク）では ROM（再生専用ディスク）も RAM（書き換え可能ディスク）も 4.7GB にも及んでいる。これに留まらず、衛星放送のデジタル化を目前に控えた近年、高精細動画像を 2 時間以上録画可能な 20GB 以上への大容量化が期待されている。

【0003】光ディスクの記録密度を直接制限している光スポットの大きさは、光の波長を λ 、対物レンズの開口数を NA としたとき、 λ/NA で与えられる。したがって大容量化のためには波長を短くするか、開口数を大きくすることが必要である。波長については近年、405nm の青紫色半導体レーザの開発が進み、現状 DVD の 650nm に対して、約 2.6 倍、12GB の容量は実現の見通しがある。さらにこれを 20GB 以上に高めるには、NA を現状の 1.3 倍、0.77 以上に高める必要がある。

【0004】このように NA を増大させる従来の技術としては、例えば特開平 11-195229 号公報がある。ここでは 2 群 2 枚の対物レンズを用いて、NA を最大 0.85 まで高めている。このとき NA が大きくなるにともない、ディスクの基板厚誤差や傾きなどで発生する球面収差やコマ収差が増大する問題がある。これに対して、ディスク傾きによるコマ収差については基板厚を 0.1mm まで薄くすることで軽減し、基板厚誤差による球面収差はディスク表面と記録面の焦点ずれ信号の差から基板厚を検出し、それに応じて 2 枚のレンズの間隔を変えて補償している。ここで記録膜に焦点を合わせた場合のレンズの最終面とディスク基板表面との間隔、すなわちワーキングディスタンスは 0.13mm、2 枚組

対物レンズの有効光束径は 3mm ϕ である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来例においては、ワーキングディスタンスが非常に狭く、万一、記録再生動作中に焦点サーボがはずれた場合に、レンズがディスクに衝突し、ディスクを傷つける恐れがある。また 2 つのレンズの間隔や偏心ずれの許容値が非常に厳しく、調整が困難になるという問題点がある。

【0006】上記従来例の高 NA レンズのワーキングディスタンスを広げる最も簡単で本質的な手段は、2 枚のレンズを 1 枚にすることである。図 1 を用いてこれを説明する。図中上段 (a) は従来の 2 枚レンズ 101、102 による集光の様子を示し、(b) はこれを 1 枚の高 NA レンズ 103 で実施する場合のワーキングディスタンスの違いを示す模式図である。ともに同じ NA で、光束はディスクの保護層 104 を通して記録膜 105 に集光されている。(a) では 2 枚のレンズ 101、102 にそれぞれ屈折力を配分するため、2 枚目のレンズ 102 は 1 枚目のレンズ 101 の集光光束中に挿入することになる。このため 1 枚のレンズで集光する (b) の場合と比べると、レンズの有効光束径 D2 は、(b) の有効光束径 D より小さくなり、ワーキングディスタンス WD1 は、(b) の WD2 に比べて短くならざるを得ない。逆に言えば、従来の 2 枚レンズに比較して、1 枚のレンズで集光することで、ワーキングディスタンスを広くできるのである。ただし従来、2 枚のレンズが必要であった理由も当然存在する。これはレンズの製造上の問題である。NA の大きいレンズでは一般に、レンズの両面間の偏心ずれや、面間隔ずれなどの必要精度が非常に厳しくなり、わずかの誤差により大きな収差が発生する。これを避けるために従来は必要な屈折力を 2 枚のレンズに分散させることにより、それぞれのレンズの製造を容易にしている。したがって 1 枚のレンズで高 NA を得るためには、レンズ両面間の位置精度を向上させる製造技術か、製造誤差によって発生する収差を補償する手段が必要となる。

【0007】収差を補償する手段として、面間隔のずれによって発生する球面収差に対しては、例えば特開平 2000-182254 号公報に記載された手段がある。ここでは集光スポットの球面収差を光学的に検出して、対物レンズに入射する光束をやや発散気味または収束気味とすることで球面収差を発生させる球面収差補償光学系を駆動し、光学系の球面収差を補償する。このような技術を組み合わせることで高 NA の 1 レンズの第 1 面と第 2 面の面間隔のずれを補償することができる。このときレンズに入射させる光自体には収差はなく、発散収束状態を変えた光が入射することにより対物レンズにおいて球面収差が発生するため、トラッキング動作により光軸からディスクの半径方向にレンズが動いたとしても、発生させられる球面収差の軸は実質的にずれない。

【0008】偏心ずれによって発生するコマ収差に対しては、例えば特開平2000-214048号公報にコマ収差の検出方法が示されている。ここでは光束の内側と外側のプッシュプル信号の差から半径方向のコマ収差を検出し、ディスクの半径方向と接線方向で分割される4分割領域の対角方向のプッシュプル信号の差から接線方向のコマ収差を検出している。また補償手段としては、例えば特開平2001-4972号公報に4次関数で与えられるW字状の位相分布をずらして逆符号で与えることによりコマ収差が与えられることが示されている。これらを組み合わせることで、コマ収差の検出と補償が可能となる。ただしこの場合、上記の球面収差補償の場合と異なり、コマ収差は対物レンズで発生するのではなく、コマ収差の補償素子において発生するため、トラッキング動作により対物レンズが光軸からずれると、それに応じてコマ収差の軸がずれることになる。この場合、補償されるべき対物レンズのコマ収差と、補償されるコマ収差の軸がずれるため、実質的にその差によって非点収差が発生する。これは簡単に以下の式で理解できる。コマ収差は光束の断面内の座標を光軸を原点として極座標(ρ , θ)で表したとき、

【数1】

$$W_1 = W_{31}\rho^3 \cos \theta$$

で与えられる。ただし W_{31} はコマ収差の大きさをあらわすサイデルの収差係数であり、コマ収差の発生方向は 0° 方向と仮定している。これを補償されるべき対物レンズでのコマ収差とする。次にレンズが 0° の方向に Δ ずれたとしたとき、コマ収差補償素子で実質的に補償されるコマ収差は、

【数2】

$$\begin{aligned} W_2 &= W_{31} \{ (x-\Delta)^2 + y^2 \}^{3/2} \cos \theta \\ &= W_{31}\rho^3 \cos \theta - W_{31}\Delta\rho^2 \cos^2 \theta \end{aligned}$$

で与えられる。ここで(x , y)は直交座標であり、極座標とは

【数3】

$$\rho^2 = x^2 + y^2$$

【0009】で関係づけられている。したがって補償されたあとの収差は

【数4】

$$W_1 - W_2 = W_{31}\Delta\rho^2 \cos^2 \theta$$

のようにずれ Δ に比例した非点収差の形の関数形となることがわかる。上記問題点に鑑み、本発明の目的は、ワーキングディスタンスの広い、調整の容易な高NAの1枚の対物レンズを実現するための収差補償光学系のコマ収差の補償において、トラッキング動作に伴い、補償するコマ収差の軸が補償されるコマ収差の軸からずれることによって発生する非点収差を低減することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明においては、コマ収差補償素子と、これを通して入射する光束を透明基板越しに集光する、単一媒質で形成された開口数が0.8以上の1枚の対物レンズとを、筐体を介して一体として相互の相対位置を固定されている対物レンズ光学系を用いる。

【0011】また光ヘッドでは、その中の半導体レーザからの発散光を透明保護層のある光情報記録媒体に集光する集光光学系において、光情報記録媒体への集光スポットの位置を可変とするアクチュエータに前記の対物レンズ光学系を搭載し、光情報記録媒体からの反射光を光分岐素子により、前記半導体レーザから光情報記録媒体までの光路から分岐させ、その反射光を検出光学系により光検出器に導き、反射光強度を電気信号として検出する。ここで光ヘッドは、光ディスクを除き、光が出射及び入射する部品、及びその部品を直接保持するホルダや筐体などの部品によって構成され、光検出器から出力される信号の演算回路や、光源の駆動回路などは一般には含まないものとする。

【0012】またこのような光ヘッドを用いる光情報再生装置において、光検出器からの出力信号から集光スポット位置制御信号検出回路と、合わせて光情報再生装置を構成し、制御信号によってアクチュエータを駆動する。また、本発明による光情報再生装置の他の手段としては、光情報記録媒体上の光スポットを可動させるアクチュエータとして、ファインアクチュエータと、コースアクチュエータの2つのアクチュエータを用い、ファインアクチュエータでは、コマ収差補償素子とは独立に、NA0.8以上の対物レンズを駆動してトラッキング信号の高域成分を補償し、コースアクチュエータでは集光光学系とファインアクチュエータを含む部分、またはそれらを含む光ヘッド全体を駆動してトラッキング誤差信号の低域成分を補償する。光ヘッド全体をコースアクチュエータに搭載する場合には、光ヘッドとしては、半導体レーザからの発散光を、透明保護層を有する光情報記録媒体に集光する集光光学系において、光情報記録媒体からの反射光を半導体レーザから光情報記録媒体までの光路から分岐させる光分岐素子と、光分岐素子により分岐された反射光を光検出器に導く検出光学系と、反射光強度を電気信号として検出する光検出器を一体として筐体に収容させる。集光光学系とファインアクチュエータの部分をコースアクチュエータに搭載する場合には、光ヘッドは半導体レーザや光検出器などを含む固定光学系と、コースアクチュエータに搭載される可動光学系に分離される。

【0013】以上の光ヘッド及び光情報再生装置において、集光光学系に球面収差補償素子を搭載することで、レンズ固有の球面収差やディスク基板の厚み誤差に起因する球面収差が可能となる。以上の光ヘッド及び光情報

再生装置においては、コマ収差補償素子は、中心曲率がほぼ0の回転対称4次曲面で両面を形成すればよい。あるいはコマ収差補償素子は、液晶位相補償素子でもよい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図を用いて発明の実施の形態を詳細に説明する。以下の各図において、対応する要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。図2に本発明の第1の実施形態として、本発明の効果を確認した実験系を示す。半導体レーザ201からの光がコリメートレンズ202により平行光とされ、ビーム成形プリズム203により等方ビームとされ、偏光ビームスプリッタ204を透過し、 $\lambda/4$ 板206、色収差補正レンズ207、球面収差補償用エキスパンダーレンズ208、立上げミラー210、コマ収差補正素子211、対物レンズ212を経て、光ディスク250の記録膜上に集光される。ここで偏光ビームスプリッタで一部反射された光を前方モニタディテクタ205で受光、検出し、半導体レーザ201のオートパワーコントロールなどに用いる。

【0015】エキスパンダーレンズ208は、一對の凹レンズと凸レンズによって構成され、ここでは凸レンズが光軸方向に移動可能なアクチュエータ209に搭載されている。これにより2枚のレンズの間隔を可変にでき、その間隔に応じた任意の球面収差を発生させることができる。対物レンズ212の両面間隔の製造誤差や、ディスク基板厚誤差がある場合、2層ディスクなど実効的に複数の基板厚の光ディスクに記録再生する場合などに生じる球面収差を、この効果を用いて補償する。ここでアクチュエータに搭載するのは凹レンズでも問題ない。またここでエキスパンダーレンズ208と立上げミラー210の間の光軸を示す線を2重線で遮断しているように示しているのは、実際の実験系では、エキスパンダーレンズ208以降、ディスク側の実際の光学系は立上げミラー210により、紙面垂直方向に光線が立ち上がることを示している。

【0016】コマ収差補正素子211は、対物レンズ212の両面の偏心によって生じるコマ収差を補償するように調整され、対物レンズ212とともに鏡筒230に固定されている。コマ収差補正素子211は、後で示すように両面に屈折力のない4次曲面を球面収差をキャンセルするように配置した素子であり、実効的に両面の4次曲面間の偏心を発生させてコマ収差を発生させる。ここでは対物レンズに対してコマ収差補正素子211の傾きを、対物レンズ両面間の偏心によって発生するコマ収差を補償するように調整し、鏡筒230に固定した。この鏡筒230が2次元アクチュエータ255に搭載されている。したがって対物レンズ212とコマ収差補正素子211は、焦点制御やトラッキング制御において一体となって動くため、相互の相対的な位置ずれは発生しな

い。

【0017】光ディスク250から反射された光は、同じ光路を戻って偏光ビームスプリッタ204で反射され、 $\lambda/2$ 板213を通り、第2の偏光ビームスプリッタ214に入射し、一部は透過し、一部は反射される。透過した光は光分離ホログラム215を通して、集光レンズ216により光検出器217に集光される。こちらの光検出器217ではトラッキング誤差信号をプッシュプル法を用いて検出するとともに、再生RF信号を検出する。そのため光分離ホログラム215では、入射する光束をディスクのトラック方向に対応する方向の直径で分割される両側の光が異なる方向に回折されるような格子パターンとする。この光検出器217では、この回折光を受光することでトラッキング信号を検出する。光分離ホログラム215の回折効率の設計により、0次光を必要なS/N比が得られるようにし、この0次光を検出することで、RF信号を得る。

【0018】偏光ビームスプリッタ214で反射された光は反射プリズム218で反射され、第2の光分離ホログラム219を通して集光レンズ220により、光検出器221に集光される。光検出器221では、焦点ずれ信号と球面収差信号を得るため、光分離ホログラム219は図3のようになっている。光検出器221の受光パターンは図4のようになっている。図3のホログラムを用いることで、入射する光束301の内側領域と外側領域、ディスクのトラックの方向に対して垂直な方向の直径で分割される両側の領域の、合計4領域の光が異なる方向に回折される。

【0019】図4に示した光検出器221においては、そのように異なる方向に回折された光から、2つの4分割受光領域401、402を用いて、内側光束の焦点信号と外側領域の焦点信号の差をとることで球面収差信号を得る。また2つの2分割受光領域403、404から通常の焦点ずれ信号を得る。差の演算を行なう場合には内側光束と外側光束の光量のアンバランスを補償できるようにゲインGを調整できるようにした。和の演算はここでは、0次光の両側に生じる回折光のうち片側は内側光束と外側光束が同じ受光部に入射するようにして、光学的に演算を行なうようにした。

【0020】図2において、この光検出器221、及び光検出器217からの出力信号をフレキシブルケーブル232を経由して取り出し、以上の演算をAF、TR、SA、RF回路223、224、225、226を用いて行なう。ここでAF回路223は焦点ずれ信号の演算、及び2次元アクチュエータ255の焦点制御用コイルの駆動、TR回路224はトラッキング信号の演算、及び2次元アクチュエータ255のトラッキング制御用コイルの駆動、SA回路225は球面収差信号の演算、及びエキスパンダーレンズアクチュエータ208の駆動、RF回路226は再生RF信号検出を行なう。

【0021】2次元アクチュエータ255のトラッキング制御の制御範囲は、通常およそ $\pm 400 \mu\text{m}$ 程度であるため、対物レンズ212による集光スポットが、光ディスク250の全信号記録領域をカバーするためには、筐体231に組み込まれた光ヘッド全体を、コースアクチュエータ222によりディスクの半径方向に移動させる。コースアクチュエータはモータ駆動回路227によって駆動される。また光ディスク250を回転させるスピンドルモータ233は、モータ駆動回路234によって駆動される。また半導体レーザ201はレーザドライバ回路229によって駆動される。以上の各回路は制御部228により統合的に制御される。以上の実験系においては、コマ収差補正素子211が対物レンズ212と一体化されているため、これらが別々の場合には必要となる、トラッキング信号の低域成分によるコースアクチュエータ222の駆動は特に必要でない。

【0022】図5を用いてコマ収差補正素子211の原理を説明する。コマ収差補正素子は両面が屈折力のない4次曲面で形成されている。図ではこれらの面の効果を独立に図示したのち、組み合わせた場合のコマ収差発生効果を説明する。(a)は2つの4次曲面のうち第1面のみの効果を示す。第1面のみを入射側に有し、第2面は平面になった位相変調素子501により、平面の入射波面に面形状を反映した球面収差が出射波面に生じている。(b)は第2面のみを有する第2の位相変調素子502により、平面の入射波面が、(a)とは反転した球面収差が出射波面に生じている。(c)は(a)と(b)の位相変調素子を重ね合わせて、コマ収差補正素子211を構成している。このとき出射波面は(a)と(b)の出射波面の和になるため、結局それぞれの球面収差が打ち消されて、出射波面は平面波となる。(d)は位相変調素子501と502に偏心が生じている場合である。(d)図中で破線で示した(a)の出射波面と(b)の出射波面がずれて加算されるため、実線で示した合成された波面にはコマ収差が生じる。

(e)は(d)と同様の効果がコマ収差補正素子211を単に傾けるだけで得られることを示している。コマ収差補正素子には屈折力がないため、傾けたことによって偏心と同様の効果を生じ、出射波面には(d)と同様にしてコマ収差を生じる。

【0023】以下、コマ収差発生効果を、数式を用いて説明する。コマ収差補正素子第1面によって発生する収差を

【数5】

$$W_1 = W_{\infty} \left(\rho^4 - \rho^2 + \frac{1}{6} \right)$$

とし、第2面で発生する球面収差を Δ だけx方向にずらしたときの収差を

【数6】

$$\begin{aligned} W_2 &= -W_{\infty} \left[\left\{ (x-\Delta)^2 + y^2 \right\}^2 - \left\{ (x-\Delta)^2 + y^2 \right\} + \frac{1}{6} \right] \\ &= -W_{\infty} \left(\rho^4 - \rho^2 + \frac{1}{6} \right) + 4W_{\infty}\Delta\rho^3 \cos\theta - 2W_{\infty}\Delta\rho \cos\theta \end{aligned}$$

とすると、これらの和には

【数7】

$$W_1 + W_2 = 4W_{\infty}\Delta\rho^3 \cos\theta - 2W_{\infty}\Delta\rho \cos\theta$$

のようにコマ収差の成分が発生することがわかる。

【0024】図6は、本発明の第2の実施形態を示す。図2に示した第1の実施形態と比較した大きな違いは、コマ収差補正素子211が対物レンズと一体となっていないことである。そのためトラッキング制御時に、光ディスク250の偏心に対して対物レンズ212が動くとき、コマ収差補正素子211との相対的な偏心ずれが生じ、非点収差が発生する恐れがある。

【0025】これに対して、本実施形態ではTR回路224から出力されるトラッキング誤差信号により、対物レンズの2次元アクチュエータ255を駆動し、トラッキング誤差信号をローパスフィルタ(LPF)601に通した低域成分により、コースアクチュエータを駆動する。これにより偏心の大きい低域成分はコースアクチュエータ222によりヘッド全体を動かすことで補償され、2次元アクチュエータ255には、コースアクチュエータ222では追従できない高周波成分が補償される。このとき2次元アクチュエータ255の移動量がコマ収差補正素子と対物レンズの偏心許容量よりも小さく、かつトラッキング誤差が十分抑圧されるように、ローパスフィルタ601や、トラッキング回路224の周波数特性を調整する。通常、このようなダブルサーボ制御を行う場合には2次元アクチュエータで駆動される高周波成分の振幅は $\pm 10 \mu\text{m}$ 程度であるため、コマ収差補正素子と対物レンズとの偏心がほとんど問題とならない。図18は、本発明でダブルサーボを行なう場合の、開ループゲイン特性の例を示す図である。横軸はトラッキング信号の周波数を対数軸で表示しており、縦軸は開ループゲインをdB値で表示している。

【0026】コースアクチュエータは低域でゲインが高く高域で急激にゲインが低下し、ファインアクチュエータは低域でゲインが小さいものの高域まで特性が伸びている。これら2本のカーブの交点において、周波数が(ディスクの回転周波数)/(コースアクチュエータによる回転偏心成分抑圧比)程度となり、コースアクチュエータの特性の傾きが周波数10倍で60dB低下する傾き(60dB/dec)となるように、コースアクチュエータの応答特性、ローパスフィルタやトラッキング回路の特性を調整する。ここで交点の周波数は、コースアクチュエータの回転偏心成分抑圧比が、実際にディスクを回転させたときに想定される偏心量を対物レンズに許容される偏心量までに抑圧する必要性から、実質的に

図18に示すように決定される。この周波数より低い周波数(低域)では、図に示すようにコースアクチュエータが支配的であり、この周波数より高い周波数(高域)ではファインアクチュエータが支配的となる。またこの交点でのゲインはコースアクチュエータで抑圧された残りの偏差である、対物レンズ許容偏心量を、トラッキング制御時に許容されるトラッキング誤差の許容値まで抑圧する必要性から、図に示すようなゲインが必要となる。

【0027】以上のような設計方針に基づき、実験においてはディスクの回転数を3000rpm(50Hz)、対物レンズの許容偏心量を±30μm、ディスクの回転偏心量を±300μm、許容トラッキング誤差を±0.03μmと仮定し、交点での周波数500Hz、ゲインを60dBとなるよう、アクチュエータ、トラッキング回路、ローパスフィルタを設計した。

【0028】図7は、本発明の第3の実施形態を示す。図6に示した第2の実施形態と比較して、第3の実施形態においてはコースアクチュエータ222で動かす可動部分を少なくしている。光学系全体は固定部701と、可動部702に分離しており、可動部702のみコースアクチュエータ222で、光ディスク250の半径方向に駆動される。可動部702には色収差補正素子207、エキスパンダーレンズ208、コマ収差補正素子211、立ち上げミラー210、対物レンズ212、2次元アクチュエータ255が搭載されている。色収差補正レンズ207やエキスパンダーレンズ208で収差が補償されている状態ではコマ収差補償素子に入射する光束が発散光または収束光となるため、可動部702が光ディスク250の内周から外周の範囲で動くとき対物レンズに入射するビームの大きさや、発散収束状態が変化する。これを考慮してこれらの光学部品を可動部702に搭載している。

【0029】図8に、本発明に基づくレンズ形状の設計例を示す。(a)は曲率半径、面間隔、屈折率などの基本的な面係数であり、(b)は非球面形状を規定する係数である。このとき面形状は図中、最下段に示した関数により与えられる。zは光軸方向の面の高さ、rは光軸からの距離である。ここで、コマ収差補償素子は図5

(e)で説明したように素子を傾けることでコマ収差を発生させる。対物レンズの第2面とカバー層との間隔は0.9mmあるが、レンズがメニスカス状(第2面が第1面より曲率の小さい凹面となっている)となっているため、実質的なワーキングディスタンスとしては0.7mm程度となっている。

【0030】図9に、対物レンズの両面に偏心がある場合の波面収差を示す。(a)は偏心が6μmの場合の、コマ収差補正のない場合の波面収差である、RMS波面収差で、0.369λものコマ収差が発生していることがわかる。(b)は(a)に対してコマ収差補正素子を

4°傾けた場合の波面収差である。コマ収差が補正され、残留しているRMS波面収差は0.009λに低減している。

【0031】図10は、対物レンズ焦点面上の光軸からの像の高さに対するRMS波面収差を示す。対物レンズ単体、及び色収差補正素子、ビームエキスパンダーを組み合わせた場合、ともにRMS波面収差0.05λの範囲は半径20μm以上、確保できている。コマ収差補償素子がある場合には、像高特性が劣化している。コマ収差補償素子は斜めに入射する光に対してコマ収差を発生させる素子であるため、これは必然的にやむを得ないことと考えられる。

【0032】図11は、対物レンズ単体での面形状と光線収差図である。(a)は面形状、(b)が収差図である。(b)から、球面収差はほとんど縦軸と一致し、十分補正できていることがわかる。また正弦条件もほぼ補償されている。色収差は±5nmの波長ずれで約±4μm発生していることがわかる。非点収差はほとんど発生していない。

【0033】図12は、対物レンズとコマ収差補償素子を組み合わせた場合の面形状と収差図である。(a)が面形状、(b)が収差図である。コマ収差補償素子の導入により、やや正弦条件が劣化している。これが図10で示した、コマ収差補償素子を組み合わせた場合における像高特性の劣化の原因となっている。これについても斜めに入射させることでコマ収差を発生させる必要がある以上、やむをえないことと考えられる。

【0034】図13は、対物レンズとエキスパンダーレンズ、及び色収差補正レンズを組み合わせた場合の面形状と収差図である。色収差補正レンズにより図11、12に比べて色収差が低減していることがわかる。

【0035】図14は、対物レンズの両面の偏心に対するコマ収差補償素子による補償の有無による波面収差と補償素子の傾き角を示す。補償がないと両面の偏心に対して収差は急激に増大し、補償を入れることで偏心量が15μm程度までは許容できることがわかる。このときの補償素子の傾斜角度は△印のカーブを右側の縦軸で見ると10°程度の傾き角度で補償できることがわかる。したがって、角度はかなり大きく、調整も容易と考えられる。

【0036】図15は、コマ収差補償素子によるコマ収差補償時の、対物レンズの偏心による非点収差の発生を示す図である。対物レンズ両面の偏心10μmを補償している場合、RMS波面収差の許容値を0.05λとすると、対物レンズのシフト量の許容値は約±40μm程度であることがわかる。これはレンズを搭載する2次元アクチュエータのみで、ディスクの偏心を補償するには小さいが、トラッキング信号の低域成分でコースアクチュエータを駆動する構成では、十分実現可能な値である。

【0037】図16は、本発明の第4の実施形態として、図2に示した構成において、エキスパンダーレンズの代わりに液晶位相補償素子1601により、球面収差補償を行なう場合の実施形態を示す。液晶位相補償素子はビーム成形プリズム203と偏光ビームスプリッタ204の間に挿入されている。これは以下の理由による。光利用効率を高めるために、偏光ビームスプリッタ204と、 $\lambda/4$ 板206により、往路と復路で偏光ビームスプリッタ204に入射する光の偏光を 90° 回転させている。したがって液晶素子は特定の方向の直線偏光成分にのみ位相シフトが加わるため、偏光ビームスプリッタ204よりディスク側に挿入しても往路、または復路のどちらかしか作用しない。他方、液晶素子を透過する光には若干の光量損失があるため、これを防ぐために、図のように偏光ビームスプリッタよりもレーザ側に液晶素子1601を挿入する。液晶素子1601は球面収差検出回路225からの出力に応じて、液晶駆動回路1602により駆動される。

【0038】以上のようなエキスパンダーレンズの代わりに液晶素子1601を用いる構成は、図6、図7にも同様に適用できる。特に図7に適用する場合にも、液晶素子1601はエキスパンダーレンズと異なり、光の発散収束状態を変化させることなく、球面収差のみを与えることができるため、固定光学系に設置してもさしつかえない。

【0039】図17は図16をさらに簡素化し、最終的な光ディスク装置製品の形態に近づけた場合の実施形態である。検出光学系はトラッキング信号検出と焦点信号検出を一体化している。これは光分離プログラムの分割を細かくし、検出器パターンをトラッキング信号と焦点ずれ信号、球面収差信号を同時にとれる形態とすればよい。また半導体レーザに青色レーザを用い、対物レンズのNAが大きければ、集光スポットのパワー密度は非常に大きく、記録にあたっても十分高い効率が確保できると考えられるため、ビーム成形を行わない設計も十分可能である。このためビーム成形プリズムも除去している。

【0040】

【発明の効果】本発明により、NAが大きく、ワーキングディスタンスの広い対物レンズを実現でき、レンズがディスクに衝突しにくい、信頼性の高い光ディスク装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】高NA2枚レンズと1枚レンズの比較図。

【図2】本発明の効果を確証した実験系を説明する図。

【図3】球面収差、焦点ずれ検出用光分離プログラムの説明図。

【図4】球面収差、焦点ずれ検出用光検出器の説明図。

【図5】コマ収差補正素子の原理を示す図。

【図6】本発明の第2の実施形態を示す図。

【図7】本発明の第3の実施形態を示す図。

【図8】レンズ面形状係数設計例を示す図。

【図9】対物レンズの両面に偏心がある場合の波面収差とその低減効果を示す図。

【図10】波面収差の像高特性を示す図。

【図11】対物レンズ単体の光線収差図。

【図12】対物レンズとコマ収差補償素子の光線収差図。

【図13】対物レンズとエキスパンダーレンズと色収差補正レンズの光線収差図。

【図14】対物レンズの両面の偏心に対するコマ収差補償素子の補償効果を示す図。

【図15】コマ収差補償素子によるコマ収差補償時の対物レンズシフトの影響を示す図。

【図16】本発明の第4の実施形態を示す図。

【図17】本発明の第5の実施形態を示す図。

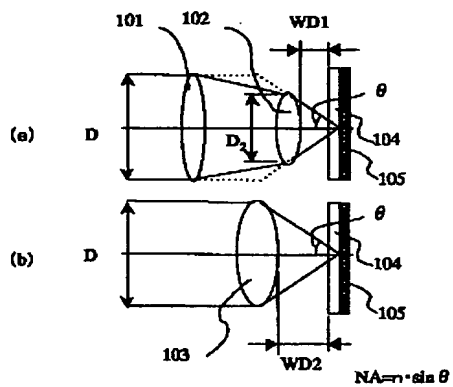
【図18】ダブルサーボの開ループ特性を示す図。

【符号の説明】

101、102…高NA2枚組対物レンズ、103…高NA単レンズ、104…保護層、105…記録膜、201…半導体レーザ、202…コリメートレンズ、203…ビーム成形プリズム、204…偏光ビームスプリッタ、205…前方モニタディテクタ、206… $\lambda/4$ 板、207…色収差補正レンズ、208…球面収差補償用エキスパンダーレンズ、209…アクチュエータ、210…立上げミラー、211…コマ収差補正素子、212…対物レンズ、215…光分離プログラム、216…集光レンズ、217…光検出器、218…反射プリズム、219…光分離プログラム、220…集光レンズ、221…光検出器、222…コースアクチュエータ、223…AF回路、224…TR回路、225…SA回路、226…RF回路、227…モータ駆動回路、228…制御部、229…レーザドライバ回路、230…鏡筒、231…筐体、232…フレキシブルケーブル、233…スピンドルモータ、250…光ディスク、255…2次元アクチュエータ、301…入射光束、401、402…4分割受光領域、403、404…2分割受光領域、501、502…位相変調素子、601…ローパスフィルタ、701…固定部、702…可動部、1601…液晶位相補償素子、1602…液晶駆動回路

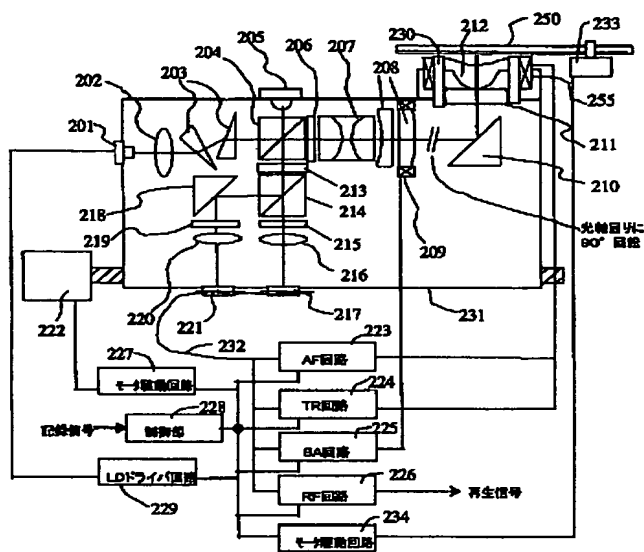
【図1】

図1



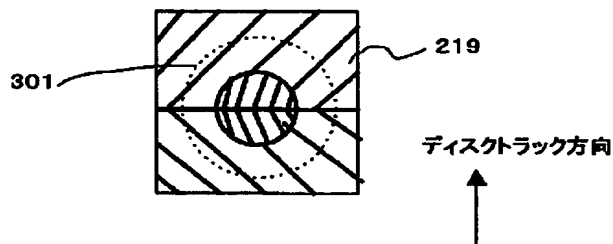
【図2】

図2



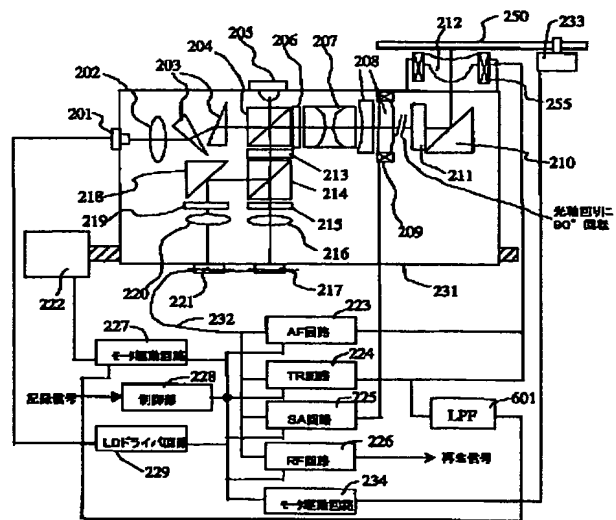
【図3】

図3



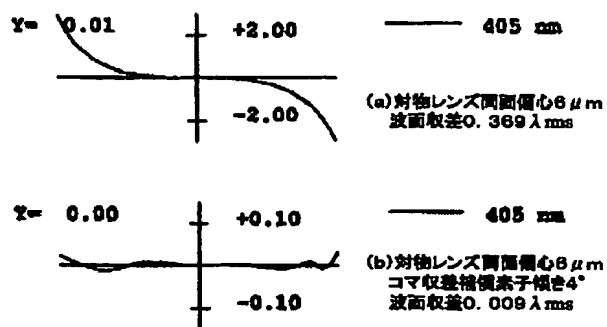
【図6】

図6



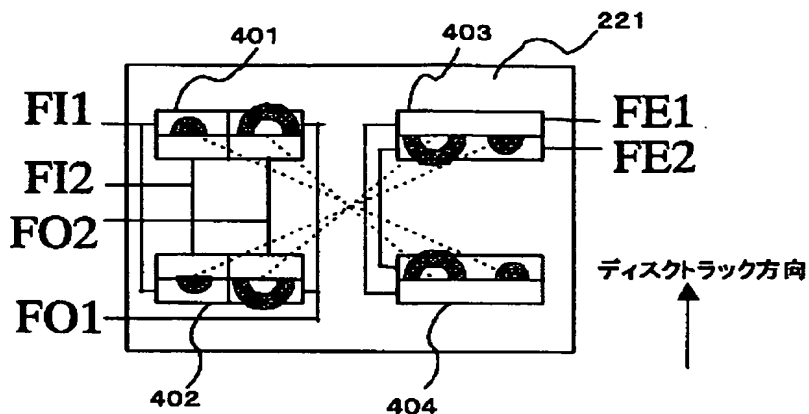
【図9】

図9



【図 4】

図 4

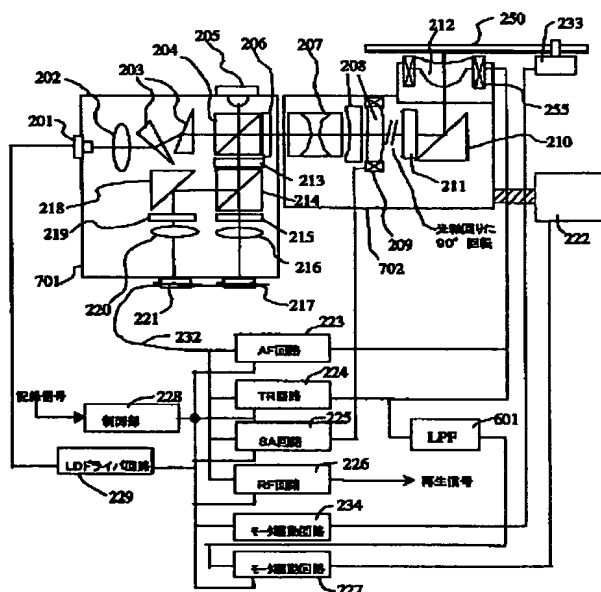


焦点ずれ信号: $FES = FE1 - FE2$

球面収差信号: $SAS = (FO1 - FO2) - G(FI1 - FI2)$

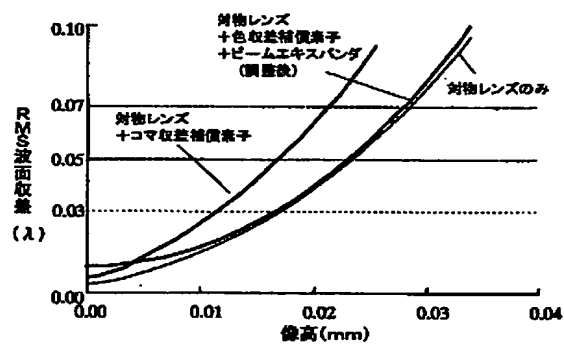
【図 7】

図 7



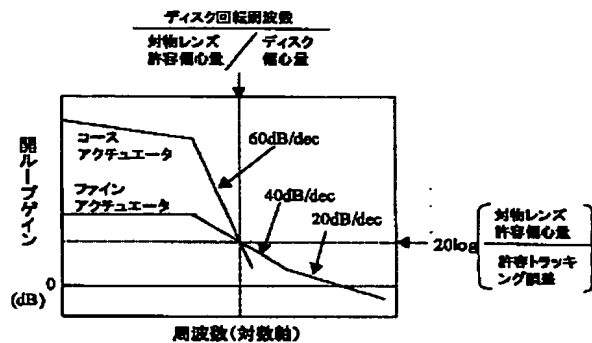
【図 10】

図 10



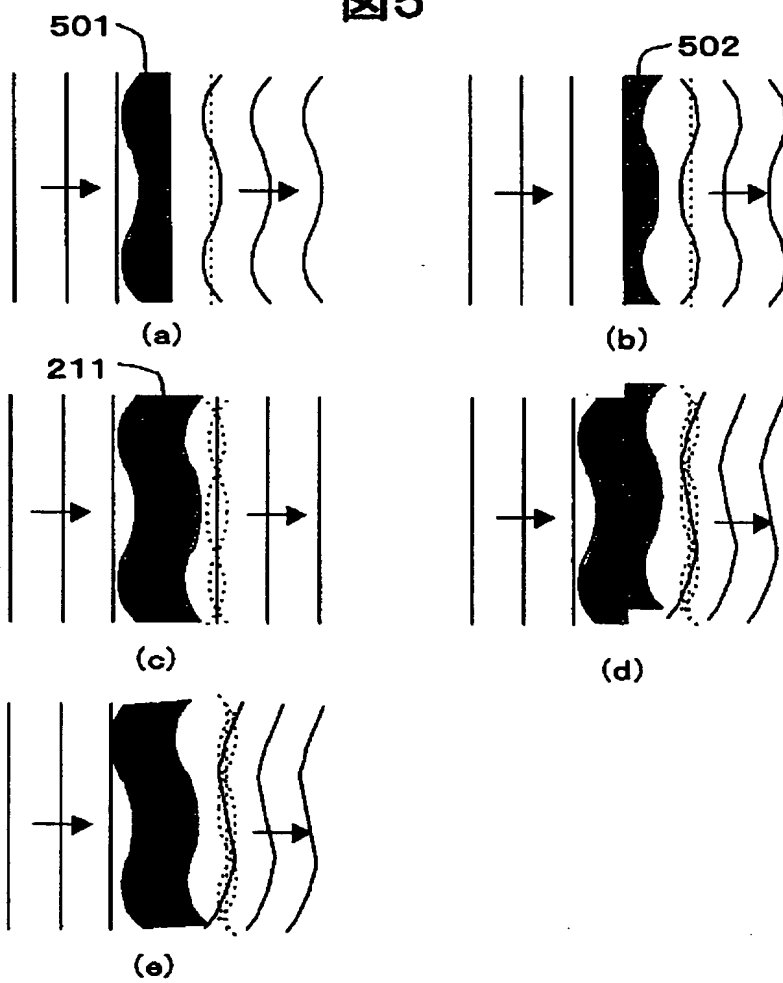
【図 18】

図 18



【図5】

図5



【図8】

図8

(a) 基本面係数

	曲率半径 R(mm)	面間隔 (mm)	屈折率 n(405nm)	アッペ数 νd	屈折率 nd
色収差 補償素子	∞	2	1.81858	47.4	1.78
	-2.822	0.8	1.81588	28.5	1.76182
	2.822	2	1.81858	47.4	1.78
エキシマレーザ	∞	10	1		
	-8.25	1	1.74149	30.1	1.69895
	∞	1.61	1		
	∞	1.4	1.84808	46.8	1.816
コマ補正	-11.891	10	1		
	∞	1.4	1.56023	55.7	1.54358
	∞	10	1		
対物レンズ	1.735	2.35	1.7625	40.5	1.73077
	24.857	0.913	1		
カバー層	∞	0.1	1.62231	29.9	1.58547
	∞				
近軸量		対物のみ		エキシマレーザにつき	
	f(mm)	2.34369	1.85554		
	口径(mm)	3.984273	3.15442		

(b) 非球面定数

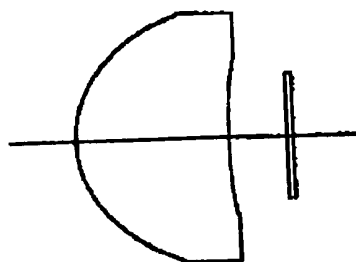
	円錐定数 κ	非球面定数				
		A	B	C	D	E
コマ補正	0	6.10E-04	3.80E-05	2.80E-06	-3.00E-07	1.40E-07
	0	6.52E-04	1.34E-05	9.64E-06	-7.84E-07	1.45E-07
対物レンズ	-0.385	1.11E-04	4.45E-05	8.07E-06	6.75E-06	-2.22E-06
	0	5.57E-02	-2.95E-02	1.12E-02	-2.41E-03	2.25E-04

非球面形状

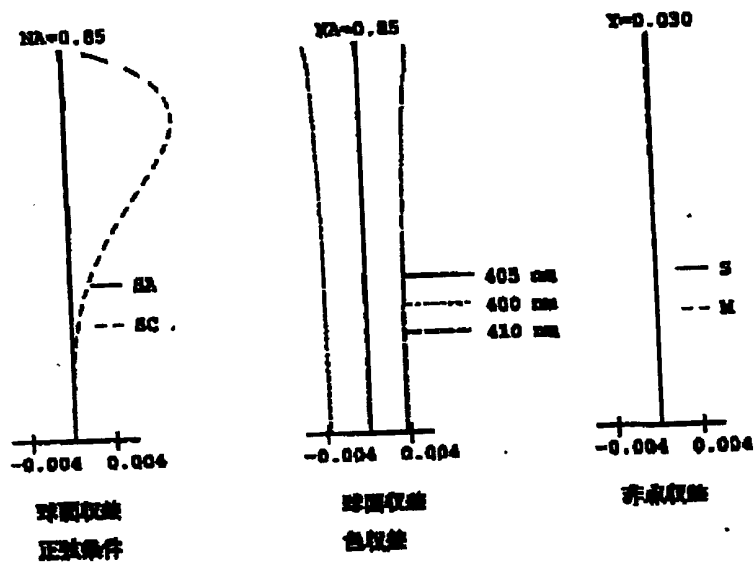
$$z = \frac{r^2}{R + \sqrt{R^2 - (\kappa + 1)r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10} + Er^{12}$$

【図11】

図11



(a) 面形状図



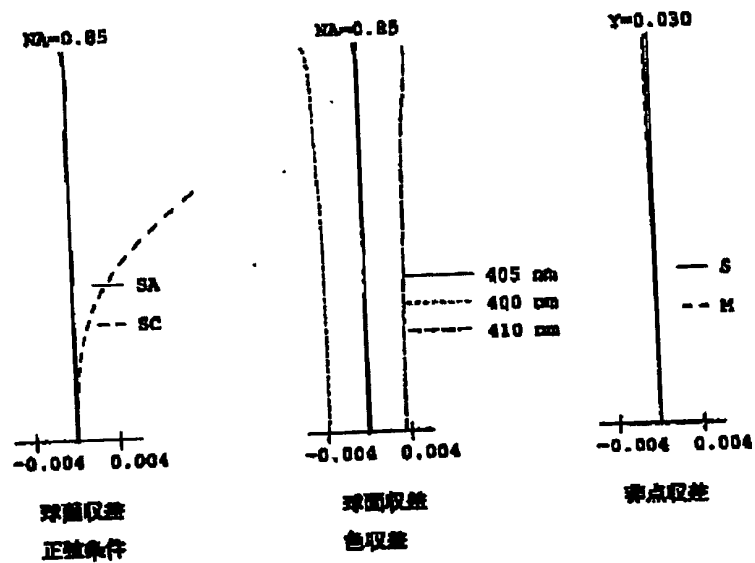
(b) 収差図

【図 12】

図 12



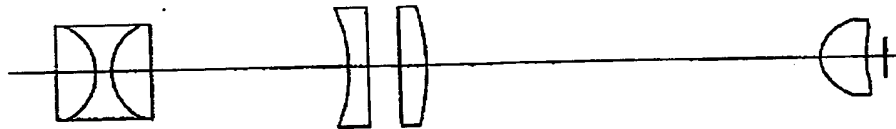
(a) 面形状図



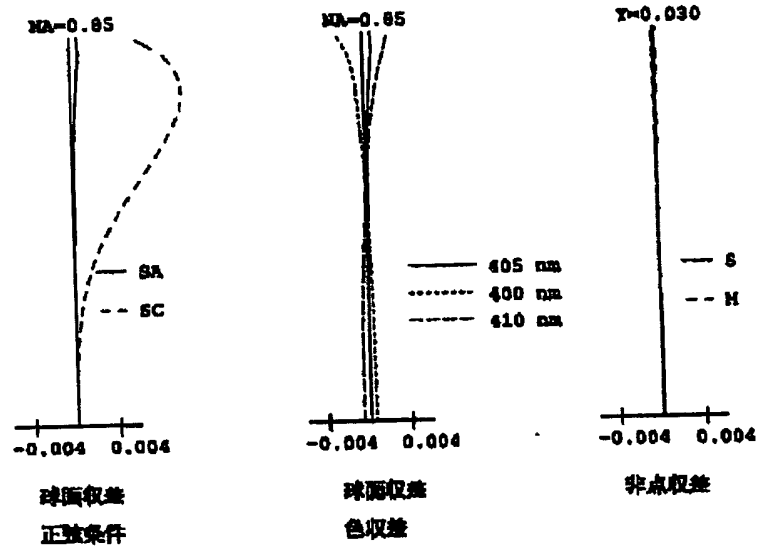
(b) 収差図

【図 13】

図 13



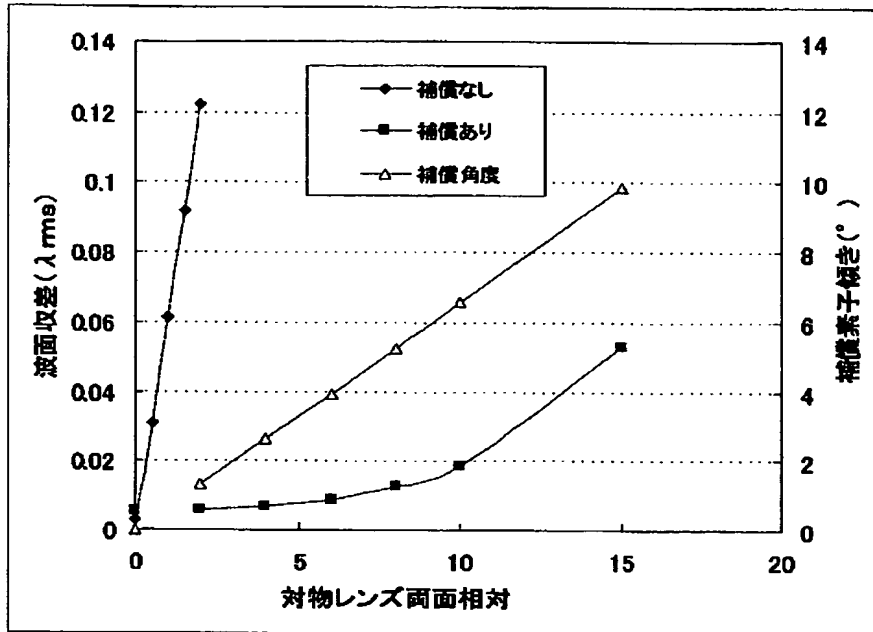
(a) 面形状図



(b) 収差図

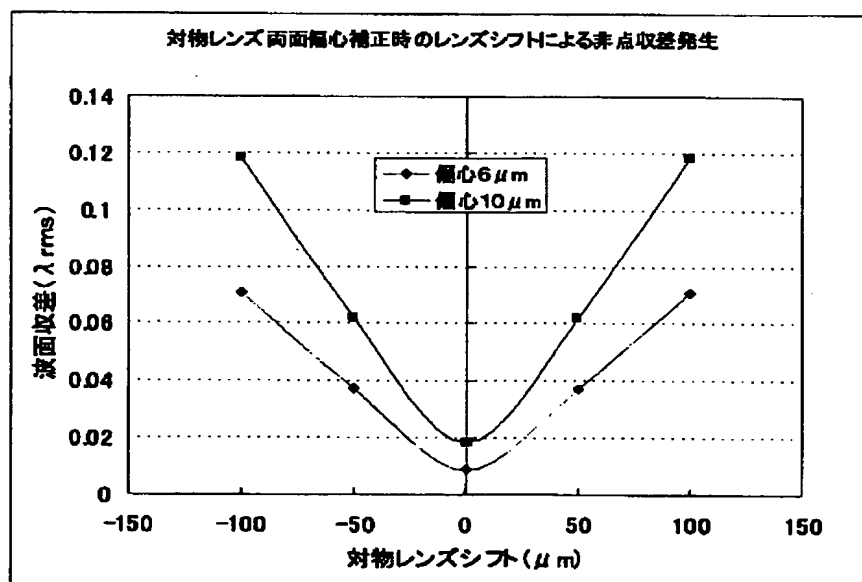
【図14】

図14



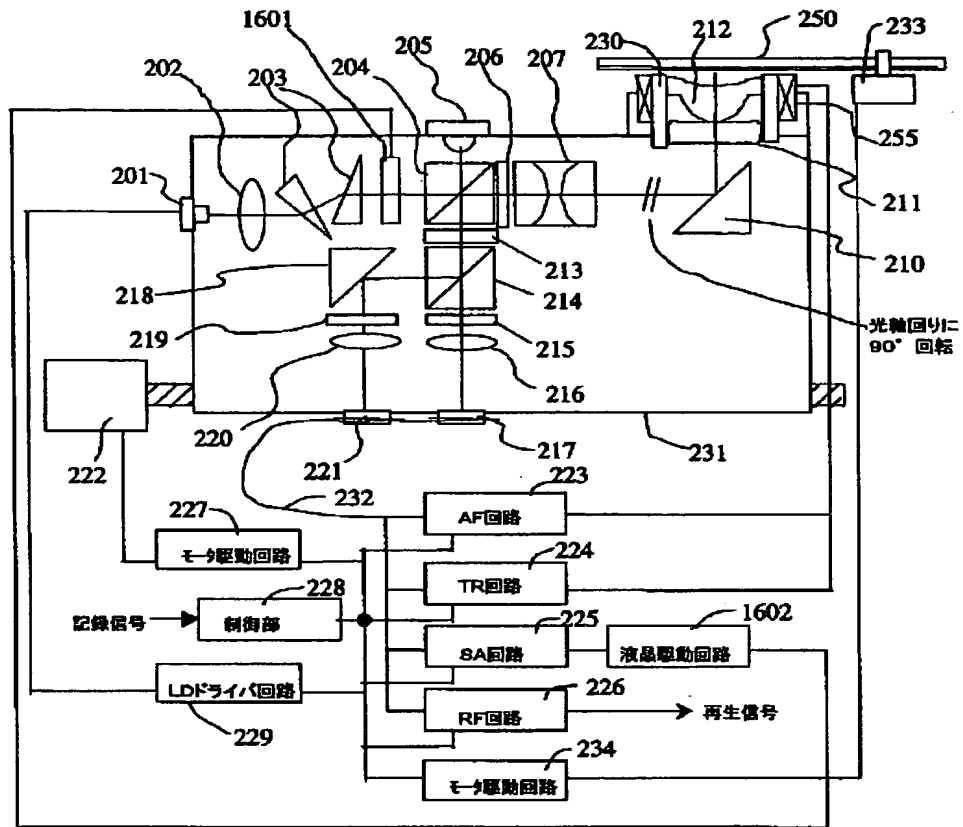
【図15】

図15



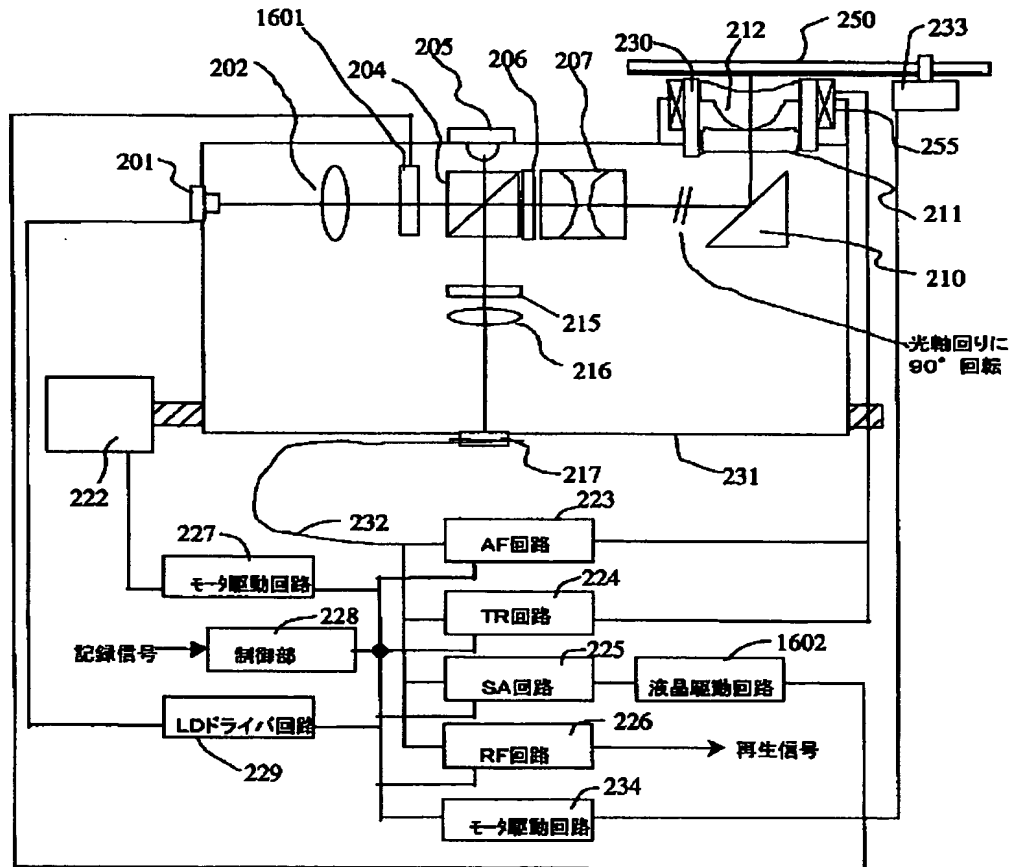
【図16】

図16



【図 17】

図 17



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 7/09

G 1 1 B 7/09

C

(72) 発明者 有▲吉▼ 哲夫
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 重松 和男
 茨城県ひたちなか市稲田1410番地 株式会
 社日立製作所デジタルメディア製品事業部
 内

(72) 発明者 丸山 晃一
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光
 学工業株式会社内

(72) 発明者 竹内 修一
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭光
 学工業株式会社内

F ターム(参考) 2H049 BA06 BA42 BC21
2H087 KA13 LA01 LA26 NA01 PA01
PA17 PB01 QA02 QA06 QA11
QA32 RA05 RA12
2H088 EA42 EA47
5D118 AA13 AA19 BA01 CA04 CD03
CD12 DC03
5D119 AA11 AA22 AA23 AA28 AA31
AA39 BA01 EA02 EB02 EC04
EC21 JA09 JA43 JB02